

# Anestesia in chirurgia toracica

Autori

Lorenzo Mirabile, Roberta Millo, Filippo Mamprin

L'anestesia in chirurgia toracica presenta, in età pediatrica, delle peculiarità, rispetto all'adulto, correlate a:

- 1) Grado di evoluzione toraco polmonare;
- 2) Caratteristiche fisiopatologiche emodinamiche e respiratorie;
- 3) Indicazioni chirurgiche;
- 4) Assetto emuntoriale e caratteristiche farmacocinetiche degli anestetici.

## Caratteristiche isto- anatomo- fisiologiche toraco polmonari

Le prime epoche della vita sono contraddistinte da un'immaturità strutturale dei diversi organi che concorrono al mantenimento della funzione ventilatoria: polmoni e vie aeree, sistema cardiocircolatorio, sistema neurovegetativo e S.N.C.

Il neonato ed il lattante presentano, anche a riposo ed in condizioni normali, un'attività respiratoria e cardiovascolare più elevata rispetto a quella dell'adulto. Il consumo di  $O_2$  e la gittata cardiaca, in rapporto alla superficie corporea, sono maggiori rispetto all'adulto. Il sistema cardio respiratorio lavora in altre parole, anche in condizioni basali, all'apice della curva, con un elevato consumo di  $O_2$  e scarse riserve funzionali.

L'ematosi ottimale avviene in virtù di un'integrazione funzionale stretta tra il sistema cardiovascolare ed il sistema respiratorio. Pertanto una miopragia cardiovascolare può dar luogo ad un'insufficienza respiratoria, ostacolando gli scambi gassosi o alterando la permeabilità all'acqua ed ai soluti e la meccanica polmonare. Di contro l'insufficienza respiratoria può condurre ad uno scompenso cardiaco.

Le ostruzioni respiratorie in età pediatrica, soprattutto nel neonato e nel lattante, sono sempre più severe e gravate da un'elevata mortalità a causa delle minori dimensioni delle vie aeree e delle specifiche peculiarità morfologiche, istologiche, funzionali e della particolare reattività farmacologica.

Vari elementi differenziano l'assetto respiratorio da quello dell'adulto e contribuiscono alla predisposizione ostruttiva delle vie aeree.

1. La posizione più alta (C<sub>4</sub>) della laringe del neonato, che determina un angolo sfavorevole del flusso aereo;
2. La maggiore soffici  delle cartilagini laringo-tracheo-bronchiali che facilitano le deformazioni malaciche;
3. La maggiore lassit  e vascolarizzazione del corion sottomucoso, che consente una pi  facile propagazione dell'edema. Per tale caratteristica, le zone maggiormente colpite da fenomeni ostruttivi flogistico-edematosi sono la zona marginale, la vestibolare, la cordale e sottoglottica, ove il corion sottomucoso   particolarmente lasso;
4. La taglia inferiore, in rapporto alle dimensioni corporee, dell'anello cricoideo (nel neonato a termine il suo diametro   5,5 mm). La riduzione concentrica di un millimetro del lume determina una riduzione ad 1/3 dell'area totale, in tale sede;
5. L'azione prevalentemente costringitrice della muscolatura laringea. I muscoli intrinseci, ad eccezione del crico-aritenoideo posteriore, esercitano un'azione di chiusura della rima glottica;
6. il diametro ridotto dell'albero tracheo-bronchiale, che rende ragione della facile ostruibilit  di questi segmenti da parte di edema, flogosi e neoformazioni o compressioni estrinseche;
7. La maggior compliance della gabbia toracica e la maggiore elastanza polmonare rendono ragione della precoce chiusura delle vie aeree a pi  alti volumi polmonari; determina inoltre una riduzione della ventilazione e perfusione con alterazioni del rapporto V/Q;

8. La disposizione orizzontale delle coste, che impedisce il movimento a mantice della parete toracica e rende fondamentale la ventilazione diaframmatica;

9. Il minor angolo d'inserzione diaframmatica e la povertà di fibrocellule tipo I. Nel neonato, in particolare, il diaframma è orizzontale, perciò in fase inspiratoria tende a determinare retrazione della gabbia toracica con riduzione dei suoi diametri. La scarsità di fibre di tipo I induce poi una facile esauribilità. Pertanto ogni condizione che aumenti il lavoro respiratorio può facilmente affaticare i muscoli respiratori e condurre ad insufficienza respiratoria:

10. L'incostante reattività ai broncodilatatori

11. La vascolarizzazione polmonare, specie nel neonato, è caratterizzata da maggiore tendenza alla vasocostrizione, quale conseguenza di un'importante presenza di fibre muscolari, che accompagna i vasi fino alle diramazioni più distali e rendono ragione dell'iper reattività costrittrice in seguito ad esempio a stimoli ipossici o all'acidosi. Tale reattività spiega la predisposizione all'ipertensione polmonare del neonato, con possibile formazione di shunts destro-sinistri intrapolmonari o cardiaci, correlati alla riapertura del foro ovale.

### Indicazioni alla chirurgia e/o al trattamento endoscopico

Le indicazioni all'intervento chirurgico differiscono sostanzialmente rispetto da quelle dell'adulto, per la presenza di un'elevata percentuale di patologie congenite e per una minore incidenza di patologie tumorali ed infettive.

Patologie congenite di più frequente riscontro: (tab 1)

➤ Anomalie vascolari, causa di compressione estrinseca sull'albero tracheo-bronchiale: anello vascolare da doppio arco aortico, arco aortico destroposto, sling della polmonare, tronco arterioso anonimo a partenza da sinistra, arteria succlavia

lusoria, esiti compressivi bronchiali da dilatazione delle cavità cardiache nelle cardiopatie congenite;

- Igroma cistico ad estrinsecazione mediastinica;
- Malformazioni della parete toracica: schisi sternale, pectus excavatum o carinatum;
- Tumori della parete toracica: sarcoma di Ewing;
- Atresia esofagea nelle sue varie forme;
- Duplicazioni cistiche esofagee;
- Cisti broncogene;
- Tumori mediastinici di origine neurogena;
- Enfisema lobare;
- Adenomatosi cistica polmonare;
- Sequestro polmonare extralobare;
- Bronchiectasie e gli ascessi polmonari multipli;
- Tumori polmonari (rari): adenoma bronchiale, carcinoma polmonare, leiomioma e leiomiosarcoma;

### Peculiarità farmacocinetiche degli anestetici correlate all'età

Alcune caratteristiche specifiche diversificano la farmacocinetica degli anestetici, soprattutto nel neonato e nel lattante:

1. Nel neonato vi è una minore quota di proteine leganti o queste possono essere parzialmente impegnate da altri metaboliti;
2. Il volume idrico extracellulare è notevolmente superiore rispetto all'adulto, con significativo aumento del volume di distribuzione farmacologica. Conseguenza di ciò è la necessità di aumentare il dosaggio farmacologico, per raggiungere idonei livelli plasmatici, con aumento del rischio di tossicità
3. Il circolo cerebrale costituisce un distretto altamente preferenziale, nel quale le concentrazioni ematiche e tissutali massimali sono raggiunte più rapidamente;

4. La barriera emato-encefalica ha una maggiore permeabilità;
5. Il tessuto adiposo è più scarsamente rappresentato , con conseguente riduzione dell'uptake lento periferico;
6. Il metabolismo epatico può essere ridotto per un deficit di enzimi microsomiali o, in condizioni di bassa gittata, acidosi ed ipercapnia, la diversione attraverso il dotto di Aranzio può by-passare il circolo epatico, con aumento del flusso ematico agli organi più vascolarizzati ed abbassamento della soglia di tossicità;
7. La clearance renale è ridotta.

### **Valutazione preoperatoria**

La scelta della metodica anestesiologicala, delle modalità di monitoraggio e gestione intra e postoperatoria, nonché dell'accurata preparazione del paziente all'intervento si basa sulla perfetta conoscenza delle indicazioni e delle condizioni cliniche del paziente.

E' fondamentale, a tal fine, eseguire un'accurata anamnesi, un esame obiettivo ed una richiesta d'esami ematologici, ematochimici e strumentali indirizzati dalla patologia di base e dalle eventuali patologie associate.

Anamnesi. Deve valutare le caratteristiche della tosse, l'eventuale presenza di dispnea, emottisi, infezioni. Devono essere prese in considerazione le terapie in corso: antibiotici, steroidi, broncodilatatori, chemioterapici.

Esame obiettivo. Deve valutare la simmetria della gabbia toracica e la sua escursione ventilatoria, la modalità di ventilazione, la qualità degli scambi respiratori, la presenza di broncospasmo e le caratteristiche auscultatorie toraciche, lo stato nutrizionale e l'incremento ponderale in relazione alla curva percentile. L'eventuale presenza d'alterazioni scheletriche, quali le dita a bacchetta di tamburo

Inquadramento laboratoristico/strumentale. La valutazione emocromocitometrica, l'identificazione di una leucocitosi, gli esami sull'espettorato (citologia, colture, antibiogramma), le indagini allergologiche (PRICK, PRIST), la

ricerca delle elastasi fecali per la mucoviscidosi, fanno parte della costellazione di indagini eseguite sulla scorta della clinica.

L'emogasanalisi è l'esame fondamentale per la valutazione dello stato di compenso cardio respiratorio. Esemplicando, essa rappresenta, attraverso lo stato di ossigenazione, l'indicatore specifico della funzionalità della membrana alveolo capillare, del rapporto ventilazione perfusione polmonare e del circolo periferico. Il livello della CO<sub>2</sub> ematica indica invece la qualità della ventilazione polmonare, mentre il valore del pH identifica l'adeguatezza del compenso della ventilazione e della perfusione periferica.

Tra gli esami strumentali, la radiografia del torace, nelle due proiezioni fornisce dettagliate informazioni che possono orientare le scelte anestesologiche, essa è in grado di definire:

- a. la presenza di masse mediastiniche;
- b. i versamenti pleurici, determinanti riduzione della capacità funzionale residua (CFR);
- c. le caratteristiche dell'ombra cardiaca e l'eventuale distensione polmonare da ipertensione;
- d. l'ispessimento della trama parenchimale, la presenza di masse, atelettasie, zone di air trapping, lo stravasamento interstiziale;
- e. le deviazioni dell'albero respiratorio da compressioni estrinseche;

La TC spirale toracica è in grado di dettagliare meglio le informazioni radiografiche e, mediante l'uso del contrasto può fornire anche precise indicazioni sulla perfusione polmonare.

L'ecocardiografia E' un esame non invasivo, indispensabile in caso di grave patologia bronco- polmonare concomitante, come ad esempio la broncodisplasia. Questa è caratterizzata da aumento delle resistenze vascolari polmonari, ipertrofia e

dilatazione del ventricolo destro ed incapacità da parte dell'albero vascolare residuo ad assumere l'aumentato carico emodinamico postoperatorio, dopo lobectomia o pneumectomia. Con quest'esame, in altre parole, è possibile valutare il livello di ipertensione polmonare e predire l'incapacità a tollerare l'aumento del flusso sanguigno dopo pneumectomia.

Si aggiunga inoltre che gli episodi di ipossia ed acidosi intraoperatori, la pressione positiva di fine espirazione (PEEP), durante la ventilazione meccanica, sono altri elementi di rischio, causa di ulteriore aumento delle resistenze polmonari e potenziale causa di scompenso.

La spirometria Di ampio riscontro predittivo nella diagnostica preoperatoria dell'adulto e della seconda e terza infanzia, trova minore riscontro nel neonato, nel lattante e nella prima infanzia, a causa della scarsa collaborazione del paziente. Tuttavia essa fornisce un dato orientativo della funzione respiratoria e delle possibili difficoltà di gestione postoperatoria

La scintigrafia ventilo/perfusiva con lo xenon, consente la precisa valutazione preoperatoria della distribuzione della ventilazione e della perfusione polmonare.

Test di occlusione vascolo - bronchiale. Utilizzabili in casi selezionati, in bambini al di sopra dei 12 anni, qualora le indagini di prima istanza non soddisfino i criteri di resecabilità polmonare.

Questi test si avvalgono della valutazione funzionale e strumentale, dopo occlusione temporanea del letto vascolare polmonare interessato, mediante cateterismo selettivo e/o della valutazione spirometrica, dopo esclusione di un lobo o un intero polmone con palloncino occlusivo, posizionato endoscopicamente.

Trattamento preliminare.

I bambini sottoposti a chirurgia toracica vanno incontro frequentemente a complicanze polmonari, indotte dall'ingenerarsi di problematiche disventilatorie, correlate alle atelettasie. Queste, essendo responsabili di ristagno mucociliare ed

assenza di ventilazione distrettuale, predispongono allo sviluppo d'infezioni, causa di polmonite.

**Le cause di aumentata incidenza di complicanze polmonari postoperatorie sono rappresentate da: (tab2)**

- 1) Grado di compromissione ventilatoria preoperatoria;**
- 2) Estensione del trauma chirurgico, dell'importanza dell'eventuale resezione polmonare e della durata dell'atelettasia del polmone non declive;**
- 3) Alterazione del polmone declive da accumulo di sangue e secrezioni, provenienti dal polmone non declive, sede di intervento;**
- 4) Riduzione della detersione tussigena delle secrezioni e riduzione dell'escursione della gabbia toracica, causata da mancata soppressione del dolore postoperatorio. Tale fenomeno accentua le problematiche atelettasiche, lo shunt destro sinistro e la predisposizione alle infezioni.**

Per ridurre l'incidenza delle problematiche infettive e disventilatorie postoperatorie è necessario:

- a. eseguire preventivamente, ove possibile, un'adeguata preparazione fisiokinesiterapica,
- b. indurre una dilatazione farmacologica delle vie aeree, se è presente broncospasmo, mediante l'uso di beta due stimolanti, teofillinici, anticolinergici e riducendo l'edema di parete con i corticosteroidi;
- c. fluidificare e regolare le secrezioni, mediante adeguata idratazione sistemica e l'uso di farmaci mucolitici e mucoregolatori topici, somministrati con di apparecchi per aerosol;
- d. praticare una corretta terapia antibiotica, che eviti le complicanze infettive postoperatorie.



## Posizione del paziente per toracotomia laterale sinistra



### Monitoraggio intraoperatorio

La complessità del monitoraggio è in funzione delle condizioni cliniche e del grado di compromissione respiratoria e cardiologica, della complessità dell'intervento cui il bambino deve essere sottoposto e dell'età. Identifichiamo pertanto tre tipologie di situazioni cliniche e chirurgiche, che suggeriscono un livello di monitoraggio intraoperatoria, differente:

- 1) bambino in buone condizioni generali, che è sottoposto ad intervento chirurgico di impegno minore. Per tale paziente è suggerito di rilevare :
  - la saturazione periferica di O<sub>2</sub> (SpO<sub>2</sub>);
  - la CO<sub>2</sub> di fine espirazione (EtCO<sub>2</sub>);
  - l'elettrocardiogramma in continuo;
  - la pressione arteriosa , rilevata in maniera non invasiva (NIBP);
  - ovviamente qualsiasi dubbio circa l'adeguatezza dell'assistenza , richiede la rilevazione dei valori emogasanalitici (EGA), mediante prelievo arterioso.
- 2) Bambino in condizioni cardiopolmonari sfavorevoli che deve essere sottoposto ad intervento toracico " minore " oppure in condizioni cliniche favorevoli, ma che deve essere sottoposto ad intervento" maggiore " .

In tal caso è opportuno aggiungere al monitoraggio specificato nel primo punto, anche la rilevazione continua della pressione venosa centrale (PVC), che consenta di identificare grossolanamente lo stato volêmico, e la monitorizzazione cruenta della pressione arteriosa, che oltre alla valutazione istantanea della tensione arteriosa, consenta di eseguire prelievi arteriosi per la valutazione dell'EGA (tabella 1)

3) bambini in condizioni cardio respiratorie gravi, che devono essere sottoposti ad intervento chirurgico "maggiore".

In tali situazioni è necessario aggiungere alla precedente monitorizzazione anche la pressione polmonare mediante Swan Ganz e la Saturazione venosa centrale di O<sub>2</sub> (SvO<sub>2</sub>). Si ricorda che il catetere di Swan Ganz richiede per essere posizionato, date le dimensioni e la lunghezza disponibili, che il bambino abbia un peso corporeo di almeno 20 Kg e quindi un'età di circa sei anni.

Con tale monitoraggio è possibile valutare, istante per istante, le resistenze polmonari, la pressione di incuneamento capillare, la precisa situazione emodinamica e la gittata periferica. Difatti, una sensibile riduzione della SvO<sub>2</sub> indica una riduzione della gittata periferica, con una maggiore estrazione di O<sub>2</sub> ai fini metabolici tissutali.

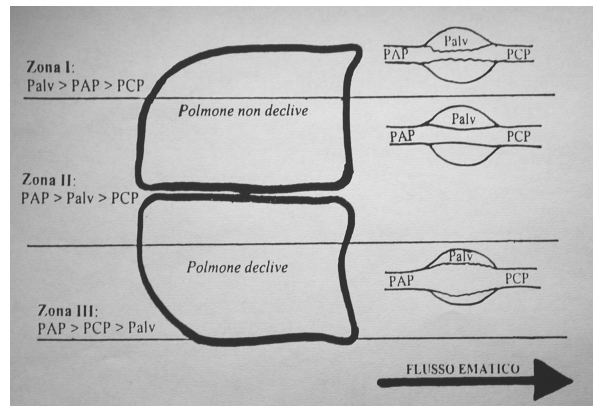
Tuttavia non sempre il catetere di Swan Ganz fornisce dati attendibili in chirurgia toraco - polmonare, con paziente in decubito laterale e in toracotomia.

Possono essere previste alcune condizioni peculiari, in cui non poter fare affidamento sui valori ottenuti:

- 1) Ad esempio, il catetere di Swan Ganz può trovarsi nel polmone destro, non declive, in toracotomia destra, con polmone non declive collassato ed in ventilazione monopolmonare sinistra. In tale condizione il catetere viene a collocarsi in una zona di polmone non ventilata e scarsamente o del tutto non perfusa. In tali condizioni esso fornisce dei dati non attendibili di gittata cardiaca e di SvO<sub>2</sub>.
- 2) Nelle stesse condizioni descritte precedentemente, se si applica al polmone non declive una ventilazione o una PEEP, il catetere si troverà in una sede assimilabile

ad una zona I o II di West. In tal caso la perfusione e la ventilazione sono garantiti ma il valore di pressione di incuneamento (PCWP) non è congruente con la pressione atriale sinistra.

- 3) Se il catetere si posiziona nel polmone declive, esso occuperà una zona III di West e le rilevazioni di PCWP e SvO<sub>2</sub> saranno sempre attendibili, anche se si applica una PEEP al polmone declive.



(figura 1)

Zone di west- effetti della gravità sulla distribuzione del flusso polmonare in decubito laterale.

Il polmone è suddiviso in tre zone sulla base delle relazioni esistenti tra pressione alveolare(Palv), pressione arteriosa polmonare media(PAP) e pressione capillare polmonare(PCP)

La pressione di incuneamento costituisce un indice attendibile della pressione atriale sinistra(PAS) solo nella zona III di West, laddove la PCP è maggiore di Palv

Una metodica alternativa di monitoraggio emodinamico invasivo può essere rappresentata dalla termodiluizione arteriosa (PiCCO): tale metodica prevede, oltre all' utilizzo di un catetere venoso centrale già contemplato nei pazienti critici, l' inserimento in arteria femorale di un catetere delle dimensioni di 5F o 3F,

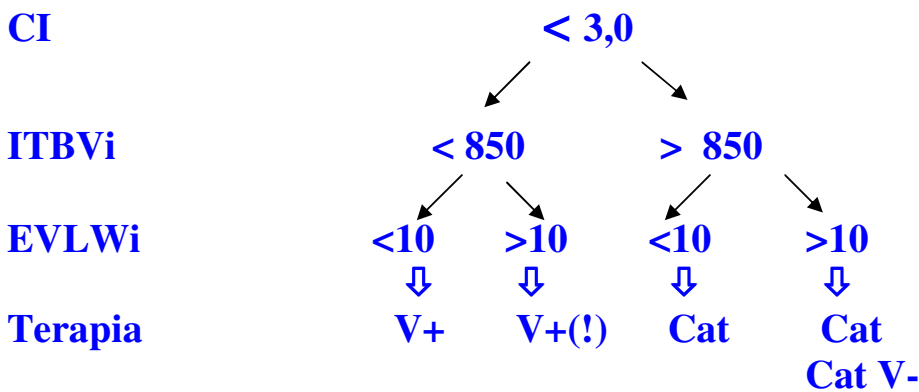
permettendo quindi il monitoraggio anche in bambini di peso molto piccolo. La termodiluizione arteriosa, oltre a fornire i vantaggi di una pressione arteriosa cruenta, permette di misurare diversi parametri emodinamici elencati nella tabella 3.

**Tabella 3: parametrici emodinamici determinabili con la metodica PiCCO**

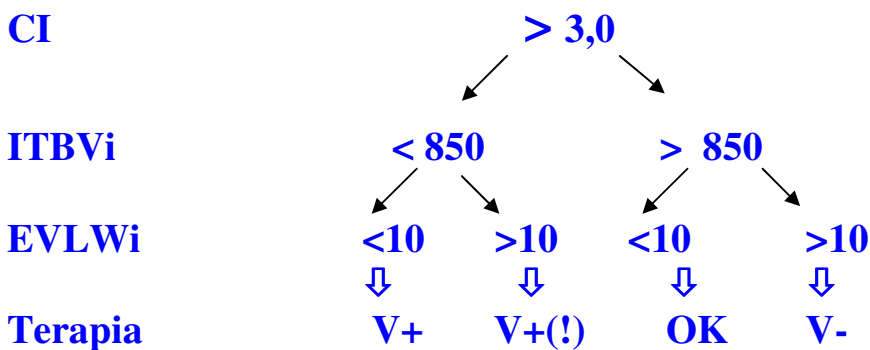
- gittata cardiaca
  - stroke volume
  - variazioni di stroke volume
  - resistenze vascolari sistemiche
  - pressione arteriosa
  - frequenza cardiaca
  - contrattilità (dp/dt max)
- 

Ai parametri emodinamici elencati nella tabella 4 la metodica associa valutazioni legate al volume di riempimento ematico nel torace (ITBV) e calcola la quantità di acqua libera presente all'interno dei polmoni (EVLW) espressione dello stato di imbibizione del parenchima: tali indici di riempimento non sono misurati in mmHg (come nello Swan-Ganz) e non sono influenzati da situazioni compartimentali come variazioni di pressione intrapleuriche o addominali, ed associati ai parametri emodinamici convenzionali possono fornire preziose indicazioni per modificare l'atteggiamento terapeutico in corso (Vedi Tab 4-5). Si sottolinea che la metodica funziona correttamente in assenza di shunt intracardiaci, quindi a circolazioni destra e sinistra separate.

Tab 4 : pz con indice cardiaco insufficiente:



Tab 5 : pz con indice cardiaco sufficiente



Legenda:

ITBV=contenuto ematico intratoracico; EVLW: acqua libera extravascolare;

V: variazione di volume; Cat: infusione di inotropi; !: riempimento prudente

### Fisiologia della ventilazione in decubito laterale :

la ventilazione in decubito laterale (D.L.) assume delle caratteristiche fisiopatologiche estremamente diverse se valutata a torace chiuso o aperto, in respiro spontaneo o meccanico. E' opportuno inoltre porre dei correttivi nella ventilazione a torace aperto per migliorare la redistribuzione della ventilazione e della perfusione.

a. Ventilazione in DL a torace chiuso ed in respiro spontaneo (figura 2a): alcune puntualizzazioni fisiologiche sono indispensabili per la comprensione.

- Il flusso sanguigno polmonare , per gravità privilegia le zone basali;

- La pressione pleurica subisce per gravità una diminuzione di 0,25 cm H<sub>2</sub>O, dall'apice alle basi, passando nell'adulto da -10 delle porzioni superiori a -2,5 delle porzioni basali, per un'altezza approssimativa toraco-polmonare di 30 cm.

Pertanto, in tali condizioni, le porzioni non declivi, con pressione pleurica più negativa ed alveoli più dilatati, si trovano nella porzione piatta superiore della curva di flesso, mentre le porzioni declivi, esposte ad una pressione pleurica inferiore, con alveoli di dimensioni minori si trovano nella porzione ripida della curva. Considerando che per gravità il flusso ematico predilige le zone basali, tale situazione costituisce un ottimo compenso fisiologico.

b. Ventilazione meccanica, con bambino in DL a torace chiuso (figura 2b)

In tali condizioni, gli alveoli del polmone non declive sottoposti ad una "maggiore trazione pleurica" a causa della pressione più negativa, sono più dilatati, hanno una maggiore compliance e si trovano nella porzione ripida della curva respiratoria, mentre le zone declivi occupano la porzione inferiore della curva di flesso respiratoria. A rendere più svantaggiata la situazione si aggiunge la pressione dei visceri addominali che spostano il diaframma superiormente, riducendo ulteriormente la compliance. La situazione risulta ancora più sfavorevole per la mancanza di congruenza con la perfusione che risulta maggiore nelle porzioni declivi, meno ventilate, accentuando la quota di shunt destro sinistro.

c. Ventilazione meccanica in DL, a torace aperto (figura 2c)

La toracotomia e l'apertura dello spazio pleurico comporta, a parità di distribuzione del flusso polmonare, un'accentuazione della ventilazione del polmone non declive (PND), con ulteriore riduzione della perfusione in tale sede ed una persistenza dell'ipoventilazione del polmone declive, che subisce un'ulteriore riduzione della capacità funzionale residua (CFR) a causa della maggiore compressione diaframmatica e mediastinica indotta dalla curarizzazione.

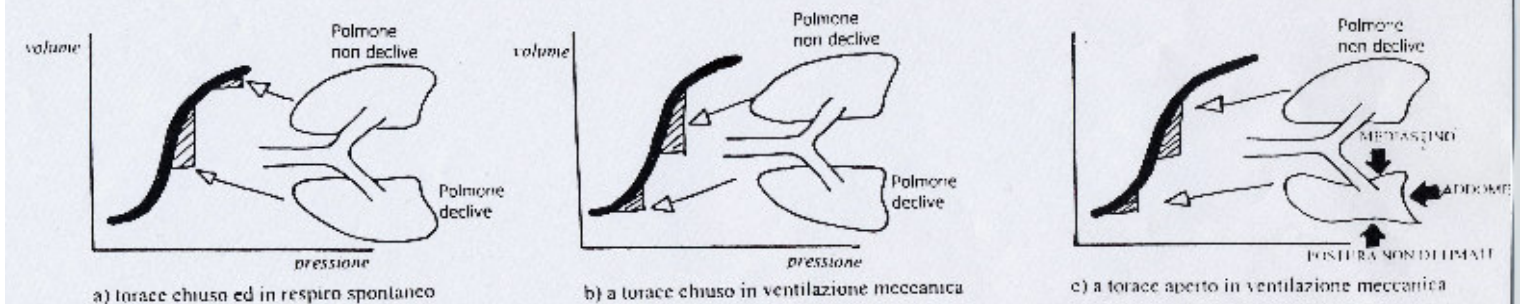


Figura x.2: Distribuzione della ventilazione in decubito laterale in tre diverse situazioni.

## Figura 2 didascalia:

### Distribuzione della ventilazione in decubito laterale in tre diverse situazioni

- a) a torace chiuso ed in respiro spontaneo,
- b) a torace chiuso in ventilazione meccanica,
- c) a torace aperto, curarizzato, in ventilazione meccanica

La soluzione alla problematica può essere garantita dalla compressione del polmone non declive o dal posizionamento di un tubo a doppio lume, che escluda il polmone superiore, poco perfuso, dalla ventilazione e con l'eventuale applicazione di una PEEP selettiva al polmone declive, tale da portare lo stesso nella porzione più ripida della curva, ma di entità tale da non indurre diversione del flusso verso il polmone non declive.

Un'ulteriore risoluzione della problematica potrebbe essere ottenuta mantenendo un flusso continuo di O<sub>2</sub> al polmone non declive con una modesta PEEP ed una ventilazione minima, tale da non indurre ostacolo all'intervento chirurgico sul polmone non declive.

### Fisiologia della vascolarizzazione polmonare- Meccanismi di compensazione nella ventilazione monopolmonare

Molteplici studi hanno dimostrato uno shunt attraverso il polmone non ventilato, pari a circa il 20%, a fronte del 50% calcolabile se non fossero attivi dei meccanismi di autoregolazione e compenso. Tale autoregolazione evita importanti diminuzioni della PaO<sub>2</sub>, causati dallo shunt stesso.

Tali meccanismi di compensazione sono:

1. in primo luogo, la vasocostrizione ipossica del polmone non declive: l'atelettasia e la conseguenziale ipossia distrettuale del PND determinano un incremento attivo delle resistenze polmonari vascolari del territorio interessato. Ciò è causa della diversione del flusso verso zone polmonari meglio ventilate ed ossigenate e della riduzione dello shunt attraverso il polmone ipossico
2. Il maggior flusso verso il polmone declive (PD), ventilato meglio, causato dalla gravità
3. L'interferenza, le manipolazioni chirurgiche e le legature e le torsioni vascolari del polmone non declive, sede di intervento.
4. La disfunzione vascolare correlata alla malattia di base, che inficia anche l'azione dei vasodilatatori polmonari (è dimostrato che, nelle malattie polmonari croniche, i farmaci vasodilatatori polmonari, come: nitroglicerina, nitroprussiato, dobutamina, isoproterenolo, salbutamolo, non incrementano la quota di shunt, come nelle malattie polmonari acute, con letto polmonare integro).

### Fattori influenzanti l'ipertensione vascolare polmonare (HPV)

1. I farmaci vasodilatatori sistemici esplicano un'azione anche sulla muscolatura vascolare polmonare ed inibiscono l'HPV (sono ininfluenti nelle patologie respiratorie croniche). Testati in tal senso sono la nitroglicerina, il nitroprussiato, la dobutamina, molti  $\beta_2$  stimolanti, gli anestetici volatili.
2. L'aumento o la diminuzione della gittata cardiaca (CO) e della pressione polmonare, con meccanismi diversi, esplicano un'azione di riduzione della vasocostrizione polmonare ipossica:
  - a. l'aumento della pressione polmonare può superare la capacità di costrizione della muscolatura vascolare polmonare, perfondendo anche zone atelettasiche del polmone non declive e vincendo anche l'effetto della gravità.
  - b. La diminuzione eccessiva della pressione polmonare, invece, può essere responsabile di una riduzione della pressione arteriosa polmonare, rispetto a quella alveolare della zona ventilata. Si configura pertanto una situazione simile a quella



della zona I di West nel polmone declive ventilato, che riduce il flusso attraverso i territori ventilati, con diversione verso quelli atelettasici, non declivi.

3. L'aumento o la riduzione della pressione venosa mista di  $O_2$  nel polmone ventilato e perfuso riducono, anch'esse, il compenso determinato dalla ipertensione polmonare delle zone atelettasiche:
  - a. Un'alta tensione polmonare di  $O_2$  crea una diffusione di ossigeno verso l'interstizio ed, in qualche modo, questo raggiunge i recettori delle zone atelettasiche abolendo in tali sedi il meccanismo dell'autoregolazione vascolare e quindi l'HPV protettiva.
  - b. La riduzione invece della tensione di  $O_2$ , al di sotto dei valori soglia, nella zona ventilata determina, in questa sede, aumento del tono vascolare con riduzione della vascolarizzazione e diminuzione della diversione di flusso dal polmone ipossico ed atelettasico a quello ventilato e normoossigenato.
4. Tutti i farmaci vasocostrittori sistemici, tranne la dopamina esplicano la loro azione soprattutto nelle zone normoossigenate, creando una diversione del flusso verso quelle atelettasiche .
5. L'ipocapnia e l'ipercapnia determinano rispettivamente riduzione ed aumento delle resistenze del polmone ventilato, con ovvie ripercussioni sul circolo distrettuale polmonare.
6. L'applicazione di un'alta PEEP al PD , ventilato, aumenta le resistenze vascolari in tale sede , deviando il flusso verso il PND, ipossico, non ventilato
7. La presenza di aree ipossiche preoperatorie, correlate ad atelettasie o disventilazioni nel PD oppure correlate allo scolo intraoperatorio di secrezioni dal PND, può indurre vasocostrizione di zone del PD e riduzione di flusso e del rapporto V/Q.

### Strategie di ventilazione monopolmonare

In ventilazione monopolmonare l'impostazione dei pattern ventilatori deve garantire l'omeostasi emogasanalitica, seguendo le modifiche fisiopatologiche determinate dalla

posizione del bambino e dell'apertura pleurica. E' importante inoltre non ostacolare la ridistribuzione dei flussi vascolari, in modo da ottimizzare il rapporto V/Q.

I parametri da regolare al fine di ottenere l'obbiettivo sono: la percentuale di O<sub>2</sub> della miscela gassosa erogata (FiO<sub>2</sub>), il volume corrente (VC), la pressione positiva di fine espirazione (PEEP) e la frequenza respiratoria. E' possibile inoltre utilizzare il PND per migliorare gli scambi, senza tuttavia interferire con l'atto chirurgico.

1. FiO<sub>2</sub> della miscela erogata al PD. In genere è somministrata al PD una FiO<sub>2</sub> molto elevata, anche del 100%. I vantaggi apportati da questa metodica sono rappresentati da:

- a. la vasodilatazione distrettuale indotta dall'O<sub>2</sub>;
- b. la conseguenziale disponibilità del PD ad accogliere un maggior flusso ematico, in virtù anche della vasocostrizione ipossica del PND.

I pericoli sono correlati a:

- a. effetti tossici dell'alta FiO<sub>2</sub>;
- b. rischio di insorgenza di aree disventilatorie da riassorbimento aereo del PD. Tale rischio è superabile dosando adeguatamente la PEEP ed il VC nella ventilazione del PD

2. Il volume corrente ottimale per il PD è di 7,5/10 ml/Kg. L'uso di questi valori, elevati per una ventilazione monopolmonare, è giustificato dall'esigenza di evitare il costituirsi di zone atelettasiche. Con questi volumi è molto importante seguire l'evoluzione della pressione alveolare media, onde evitare che un aumento di questa possa deviare il flusso ematico verso il PND.

3. L'utilizzo della PEEP nel PD deve essere ben dosato, in modo da non creare ostacolo al flusso e deviazione verso il PND. A tal fine una PEEP massima di 5 cm di H<sub>2</sub>O, almeno inizialmente, non crea problemi. E' possibile integrare la PEEP del PD con una ventilazione intermittente, a bassi volumi o con una CPAP, con un flusso continuo di O<sub>2</sub>, ad un massimo di 8/10 cm di H<sub>2</sub>O del PND. Con tale metodica e bilanciando adeguatamente le pressioni di PEEP e CPAP del PD e del PND in base ai

flussi ematici polmonari , è possibile sfruttare anche il polmone superiore per ottimizzare l'ematosi, senza creare intralci o addirittura indirizzando il flusso ematico polmonare.

4. La frequenza respiratoria deve essere regolata in modo da garantire una PaCO<sub>2</sub> intorno ai 40 mmHg. Essa in considerazione della distribuzione monopolmonare della ventilazione e dei relativamente bassi VC va impostata con un 20% in più rispetto alla frequenza basale per singola età del bambino. Le funzioni che questo parametro deve assolvere sono due:

- a. garantire un'adeguata pCO<sub>2</sub> in modo da evitare vasocostrizione ipercapnica;
- b. ridurre al minimo il VC, affinché questo non sia di ostacolo alla perfusione del PD.

In ultimo si ricorda che la migliore metodica per ottimizzare il rapporto V/Q è rappresentato dal clampaggio rapido dell'arteria polmonare del lobo da resecare, che elimina la quota di shunt attraverso il polmone escluso (tabella 3).

**Tabella 6: Strategie di ventilazione monopolmonare per mantenere una condizione di normossiemia e normocapnia.**

- 1) mantenere il più possibile una ventilazione bipolmonare
- 2) quando si è in ventilazione monopolmonare utilizzare:
  - valori di FiO<sub>2</sub> compresi tra 0.80.1
  - valori di volume corrente di 7-10 ml/kg
  - una frequenza respiratoria in grado si garantire una normocapnia (PaCO<sub>2</sub> attorno ai 40 mmHg) per evitare la vasocostrizione polmonare
- 3) se ipossiemia:
  - ricontrollare la posizione del presidio endotracheale
  - correggere eventuali disturbi emodinamica
  - inserire una CPAP nel polmone non declive
  - inserire una PEEP nel polmone declive
  - se possibile eseguire una ventilazione bipolmonare
  - appena possibile clampare l'arteria polmonare del lobo da resecare

---

## Tecniche di ventilazione separata

Le modalità di ventilazione a polmoni separati o di esclusione di un polmone sono affidate all'utilizzo di presidi speciali, quali:

- a. I tubi a doppio lume TDL (Robertshaw, Carlens, White), non utilizzabili in bambini al di sotto di 12 anni, in quanto la misura più piccola è il 35 French, corrispondente a 5 mm di diametro interno.
- b. I Marraro Bilumen endobronchial tube;
- c. I bloccatori bronchiali : Fogarty (utilizzabili a qualunque età) -Univent utilizzabili dagli otto anni di età;
- d. Le intubazioni selettive con tubi a lume singolo.

**Tab 7 L'utilizzo di presidi per la ventilazione a polmoni separati è reso indispensabile in condizioni particolari quali:**

- a. la necessità di evitare il passaggio di materiale infetto o sangue dal polmone non declive, durante un intervento in toracotomia laterale;
- b. l'impossibilità di condurre una corretta ventilazione, in caso di fistole bronco pleuriche o bronco mediastiniche;
- c. l'esigenza di proteggere e di consentire la guarigione di una lesione bronchiale, evitando la ventilazione nel territorio leso e la fuoriuscita di aria nel mediastino;
- d. Il lavaggio broncopolmonare.

Costituiscono indicazione relativa:

- a. gli interventi di exeresi polmonare, quale metodica per agevolare il lavoro chirurgico;
- b. gli interventi sul mediastino e sulla colonna vertebrale, eseguiti per via anteriore

Tra tutte le opzioni descritte , i tubi a doppio lume rappresentano senza dubbio la scelta più vantaggiosa. Questi consentono infatti di eseguire una ventilazione bipolmonare o monopolmonare, e di eseguire l'aspirazione delle secrezioni sia nel PD che nel PND. Il limite fondamentale è costituito dalle dimensioni dei tubi e dalla ristrettezza dei lumi, che crea dei problemi di aumentata resistenza al flusso aereo.

Tubi a doppio lume (TDL)

I tubi di Robertshaw hanno soppiantato nella pratica quotidiana i Carlens ed i Withe. Le prerogative che li fanno prediligere sono :

- a. la struttura in polivinilcloruro, che li rende più termoplastici e pertanto meno dannosi sulla mucosa delle vie aeree;
- b. l'assenza dell'uncino carenale, che può causare lesioni sulle pareti laringo-tracheali, pur offrendo maggior garanzia di corretto posizionamento a livello carenale;
- c. la presenza di minori curvature, che facilita le manovre di intubazione e progressione nelle vie aeree.

Sono prodotti nella versione destra , per l'intubazione selettiva del bronco destro e sinistra per l'intubazione del sinistro. Generalmente il sinistro è più utilizzato , anche per interventi sull'albero bronchiale sinistro stesso. Questo perché il bronco principale sinistro è più lungo e la carena tra il bronco lobare superiore e l'inferiore è posizionata più in basso, rispetto a quella di destra tra bronco lobare superiore ed intermedio. Più difficilmente pertanto si creano interferenze sulla ventilazione del lobare superiore, in quanto l'estremità della sezione di tubo bronchiale è al di sopra , mentre a destra per evitare questa problematica è stato indispensabile fornire il tubo di un orifizio , che consenta la ventilazione del lobo superiore .

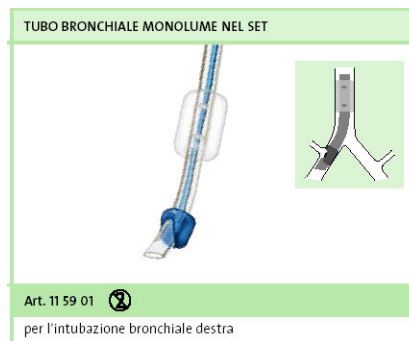
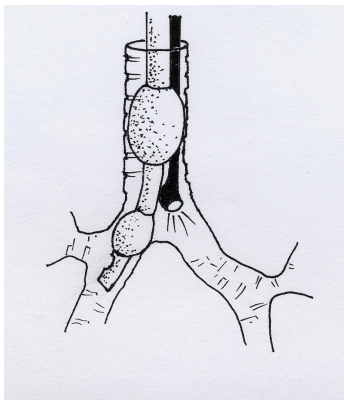


figura 3: Tubo a doppio lume di Robertshaw,

"versione destra":

presenta un orifizio che consente la ventilazione del lobo superiore destro. Controllo endoscopico

" Versione destra"

" Versione sinistra"

La sezione tracheale del tubo è di colore bianca , quella bronchiale è azzurra, la sezione del tubo è ovale e questo spiega le difficoltà incontrate al passaggio del

sondino da aspirazione. Le cuffie di cui è dotato sono a bassa pressione e quindi scarsamente ischemizzanti sul corion sottomucoso e con minori complicazioni di stenosi iatrogene nel postoperatorio.

Nella manovra di intubazione, il tubo deve essere introdotto tra le corde vocali, con la concavità terminale rivolta verso l'alto. Attraversata la laringe è necessario poi effettuare una rotazione di 90° verso sinistra o destra a seconda del modello utilizzato e va spinto avanti fino a raggiungere la corretta posizione, cioè con la cuffia bronchiale al di sotto della carena, nel bronco di pertinenza. Sono stati effettuati molti calcoli statistici circa la corretta profondità del tubo alle diverse età ma è solo la valutazione clinica auscultatoria, previa insufflazione della cuffia tracheale e bronchiale ed esclusione alternata dei due lumi di cui è composto, che indica la giusta posizione.

**Tabella 7: Manovre per la valutazione clinica auscultatoria della corretta posizione**

**del tubo a doppio lume.**

- **Verificare la posizione tracheale:**
  - gonfiare solo la cuffia tracheale
  - ventilare manualmente il polmone
  - entrambi i polmoni si devono espandere
- **Verificare l'emitorace sinistro:**
  - gonfiare anche la cuffia sinistra
  - ventilare manualmente il polmone
  - entrambi i polmoni si devono espandere
  - clampare il canale destro del tubo
  - deve espandersi solo il polmone sinistro
- **Verificare l'emitorace destro:**
  - clampare il canale sinistro del tubo
  - ventilare manualmente il polmone
  - deve espandersi solo il polmone destro

La visione broncoscopica conferma in maniera indiscutibile la correttezza dell'inserimento. L'endoscopia va ripetuta dopo lo spostamento del paziente in decubito laterale, se vi sono dei dubbi di posizionamento del tubo, previa valutazione auscultatoria dei due emitoraci, dopo esclusione meccanica di ciascuna sezione del tubo.

Possibili malposizionamenti:

1. ambedue le estremità del tubo si trovano in trachea: durante l'esclusione alternata di ciascun lume del tubo non vi è alcuna esclusione polmonare .
2. il tubo è inserito troppo profondamente nel bronco destro: non si apprezzerà mai l'esclusione auscultatoria del polmone sinistro o viceversa troppo profondamente nel sinistro e non si apprezzerà mai l'esclusione del destro.

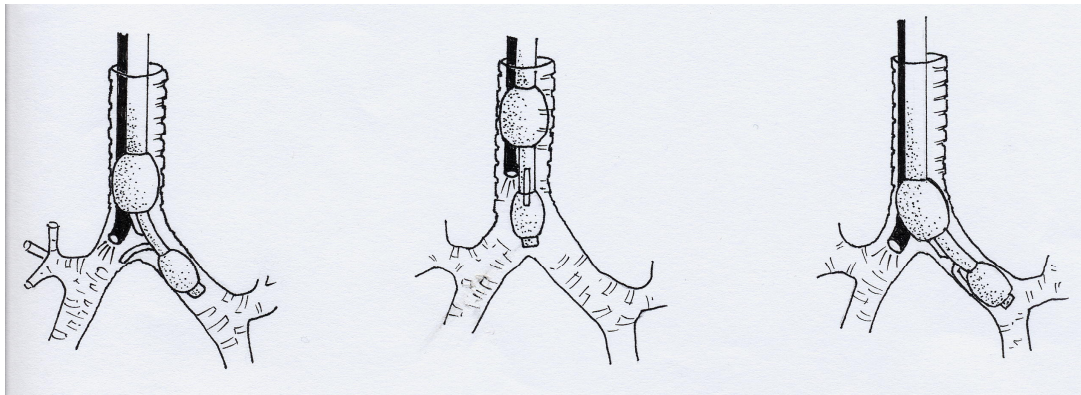


Fig.a

Fig.b

Fig.c

(figura 4). Utilizzo del fibroscopio flessibile per il controllo dell'esatta posizione del tubo a doppio lume:

- a) posizione corretta del tubo a doppio lume,
- b) malposizione : tubo troppo arretrato,
- c) malposizione: tubo troppo profondo nel bronco principale sinistro.

Complicanze

1. rottura bronchiale , per sovradistensione della cuffia distale
2. rottura tracheale da utilizzo improprio del mandrino, anche dopo il passaggio attraverso la laringe.

Tubi bilume di Marraro

Creati per consentire la ventilazione a polmoni separati anche nel prematuro , nel neonato e nel lattante. Sono composti di due sezioni separate: una parte bronchiale più lunga ed una parte tracheale , costituita da un'apertura ovoidale dislocata superiormente addetta alla ventilazione del polmone controlaterale. Non sono muniti di

cuffie, né di ancoraggio carenale. Risolvono il problema della mancanza di un tubo per praticare la ventilazione selettiva nelle prime epoche della vita (foto 1).

Le problematiche relative all'impiego derivano da:

1. difficile detersione ed aspirazione delle secrezioni, per il lume ristretto di cui sono costituite le due sezioni.
2. Mancanza di tenuta della ventilazione a polmoni separati, specie se si adoperano PEEP elevate
3. Angolazione terminale non agevole per il posizionamento bronchiale selettivo del bronco sinistro ed impossibilità, dato il calibro delle sezioni ad eseguire il controllo endoscopico durante il posizionamento.

#### Bloccatori bronchiali tipo Fogarty ed Univent

Il catetere Fogarty è il più semplice sistema per l'esclusione bronchiale selettiva. Trattasi di un catetere munito di un palloncino distale, abitualmente utilizzato per le disostruzioni vascolari. E' munito di un lungo mandrino metallico, che consente di precurvare la punta del catetere stesso, affinché questa possa raggiungere più agevolmente il settore dell'albero bronchiale da ostruire. La sua introduzione deve avvenire parallelamente al tubo endotracheale e l'alloggiamento deve poi essere controllato mediante il fibroscopio, inserito attraverso il tubo endotracheale stesso. Il palloncino distale può essere gonfiato sotto visione diretta, nel bronco prefissato. L'inconveniente derivante dall'utilizzo di questo presidio è che non è consentita la ventilazione, l'aspirazione del settore bronchiale escluso ed è impossibile il collasso polmonare dopo il suo posizionamento (foto 2).

Il sistema Univent è costituito da un tubo endotracheale a lume singolo, dalla cui estremità distale fuoriesce un occlusore bronchiale, munito di cuffia e di un canale per l'aspirazione e l'insufflazione bronchiale (foto 3).

I limiti di questo sistema sono costituiti da:



1. La dimensione minima disponibile è 26 French . Essi sono pertanto utilizzabili solo per bambini di età superiore agli otto anni.
2. Il canale centrale è di dimensioni ridotte e pertanto, sia l'aspirazione delle secrezioni, sia l'insufflazione di O<sub>2</sub> ,sia l'applicazione di una CPAP, che il collasso del polmone, a scopi chirurgici, sono effettuati con una certa difficoltà.
3. La cuffia esercita un'elevata pressione trasmurale ed è pertanto potenzialmente lesiva ed ischemizzante per la parete bronchiale

La metodica di posizionamento è abbastanza agevole: il tubo è posizionato come un normale tubo endotracheale. Successivamente in esso è inserito coassialmente un fibroscopio, mediante il quale è controllato il posizionamento dell'occlusore, sospinto sotto visione diretta verso il segmento bronchiale da escludere

#### Intubazione selettiva con tubi a lume singolo

E' una metodica utilizzata eccezionalmente per escludere rapidamente un polmone in caso, ad esempio, di copioso sanguinamento. La metodica, per avere garanzie di successo, dovrebbe essere eseguita previo posizionamento coassiale di un broncoscopio flessibile, che consenta il preciso direzionamento del tubo endotracheale verso il polmone da ventilare selettivamente, escludendo il controlaterale.

#### Approccio anestesilogico

L'anestesia in chirurgia toracica, oltre alle summenzionate differenze farmacocinetiche, deve tenere conto di alcuni presupposti basilari:

1. Deve rispettare la vasocostrizione ipossica polmonare che, come abbiamo visto, riduce lo shunt attraverso il parenchima polmonare non ventilato, deviando il flusso verso il polmone declive normoossigenato.
2. Deve essere pertanto evitata la somministrazione di anestetici che inibiscono la vasocostrizione selettiva.

3. La ventilazione meccanica deve rispettare, mediante il settaggio idoneo delle pressioni selettive, la regolazione della vascolarizzazione.
4. E' importante rilevare che il meccanismo compensativo dell'autoregolazione è più efficace in età pediatrica, soprattutto nelle prime epoche della vita, perché è maggiore, in tale periodo, la muscolarizzazione vascolare polmonare e quindi la potenzialità vasocostrittrice.
5. Deve garantire un'adeguata analgesia post operatoria, che non limiti l'escursione toraco-diaframmatica e mantenga inalterate le possibilità di detersione, mediante la tosse, delle secrezioni tracheo-bronchiali.

### ANESTETICI VOLATILI

I vantaggi degli anestetici alogenati sono:

1. La riduzione della "spasmofilia" delle vie aeree, con blocco della broncostenosi indotta dalle manovre chirurgiche.
2. La rapida reversibilità postoperatoria, con possibilità di estubare precocemente il bambino.
3. La buona stabilità cardiovascolare.
4. L'arrivo delle nuove molecole ha ridotto anche le implicazioni aritmogene, rischiose soprattutto in condizioni di acidosi, ipercapnia ed ipossia.

Svantaggi degli anestetici volatili

1. Inibizione del meccanismo d'autoregolazione polmonare
2. Scarsa analgesia postoperatoria.

Da un'analisi sulle implicazioni emodinamiche polmonari, eseguita su tutti gli alogenati, è risultato che tutti determinano una riduzione del meccanismo dell'ipertensione polmonare protettiva. In particolare per il sevorano si è visto che aumenta la quota di shunt nel polmone non declive del 4%, a concentrazioni da mantenimento anestesiológico.

E' noto che in ventilazione in D.L. il polmone non declive, a torace aperto e ventilazione selettiva del polmone declive, riduce il flusso al 20 % rispetto al normale 40%, con un

compenso che raggiunge pertanto il 50%. Il polmone declive, ventilato, di conseguenza, riceverà un flusso dell'80%, rispetto all'iniziale 60%. L'uso dell'alogenato riduce la risposta ipertensiva del 20% circa, in altre parole del 4%, determinando in ultima analisi un flusso del 24% nel polmone non declive e del 76% nel polmone declive. Ovviamente quest'aumentata quota di shunt destro sinistro è da considerarsi ininfluenza. Pertanto gli alogenati, se associati a farmaci che mantengano un'adeguata analgesia postoperatoria rappresentano dei presidi versatili e maneggevoli per l'anestesia in chirurgia toracica.

## Anestetici endovenosi

### Morfinoderivati

Rappresentano la soluzione di supporto per la garanzia dell'analgesia intra e post operatoria. Possono essere associati all'anestesia gassosa o ad anestetici endovenosi come il propofol. Nella conduzione di un'anestesia bilanciata offrono dei vantaggi indiscutibili, rappresentati da:

1. Ottima stabilità emodinamica.
2. Diminuzione dell'esigenza dell'alogenato nella fase intraoperatoria, con riduzione degli effetti collaterali emodinamici correlati.
3. Garanzia dell'analgesia postoperatoria.
4. Mantenimento dell'ipertensione vascolare polmonare e garanzia del giusto rapporto V/Q, in ventilazione polmonare.

Il problema del loro utilizzo è correlato alla necessità di supportare più a lungo la funzione respiratoria, per la depressione da essi indotta sul centro del respiro. L'utilizzo di nuove molecole, come il remifentanil, ha reso nullo questo problema, grazie allo smaltimento rapidissimo di cui sono caratterizzate, che garantisce l'estubazione precoce, una buona escursione respiratoria e una rapida ripresa del riflesso della tosse e dell'espettorazione. L'unico problema è costituito dall'esigenza di embricare l'analgesia prima che ricompaia la stimolazione algogena nel postoperatorio.

## Anestesia loco regionale

Rappresenta il miglior sistema per garantire una perfetta analgesia, con scarso sovraccarico emuntoriale e nessun rischio di depressione respiratoria.

La peridurale toracica, per via sacrale, lombare o toracica è una metodica ormai ampiamente diffusa nei centri specialistici e presenta importanti vantaggi soprattutto in età pediatrica, rappresentati da:

1. ottima analgesia intra e post operatoria
2. possibilità mediante la cateterizzazione continua di poter garantire l'analgesia per tre giorni nel post operatorio, cioè nella fase algogena più critica.
3. Scarsa incisività sugli emuntori.
4. Ottima stabilità cardiovascolare
5. Minore coinvolgimento endocrino metabolico nella fase di stress intra e postoperatoria.
6. Scarsa o nulla influenza sul circolo polmonare.
7. Miglior recupero ventilatorio postoperatorio, con funzioni respiratorie subito ottimali e ridotto rischio di fenomeni ipossici e distelettasici polmonari da ipoventilazione .
8. Conservata detersione bronchiale mediante la possibilità di tossire, senza limitazioni algogene.

Per tutti questi motivi, gli autori ritengono che una anestesia "blended" possa migliorare i tempi di recupero postoperatori e ridurre i rischi correlati alla elevata incisività generale ed imprevedibile farmacocinetica dei farmaci dell'anestesia generale.

### Particolari problematiche durante lobectomia

La lobectomia e le resezioni segmentarie rappresentano interventi in cui è necessaria una perfetta integrazione tra chirurgo ed anestesista. La sequenza di un'exeresi polmonare d'elezione prevede un tempo arterioso, un tempo venoso ed un tempo bronchiale, in successione. Generalmente, dopo la chiusura vascolare lo shunt si riduce e le condizioni degli scambi respiratori migliorano significativamente.

Il problema principale del chirurgo è l'identificazione del punto di clivaggio polmonare per effettuare la resezione.

In questa fase l'anestesista deve:

1. ventilare manualmente il polmone , per meglio delimitare il segmento polmonare da resecare.
2. Aspirare le secrezioni, prima della resezione bronchiale.
3. Controllare la tenuta della sutura chirurgica ed identificare eventuali perdite di aria, mediante insufflazione polmonare ad alta pressione.
4. Riesandere le zone atelettasiche createsi durante il periodo dell'esclusione polmonare.

### Gestione postoperatoria

Le problematiche fondamentali nel postoperatorio, oltre alla gestione di un'adeguata analgesia, di un corretto supporto idro elettrolitico e un idoneo divezzamento respiratorio, sono correlate a:

1. sorveglianza dei drenaggi.
  - a. Clampare idrenaggi nel passaggio dalla sala operatoria alla terapia intensiva onde evitare un pneumotorace da deconnessione.
  - b. Non sollevare il vaso in cui pesca il drenaggio al di sopra del punto di inserzione dello stesso nella gabbia toracica.
  - c. Tenere conto che l'eventuale aspirazione negativa del drenaggio va aggiunta, nel calcolo della pressione alveolare media, al picco di pressione inspiratoria erogato dal ventilatore.
  - d. In caso di improvvisa insorgenza di insufficienza respiratoria, verificare il corretto funzionamento del drenaggio ed escludere un emotorace o pneumotorace iperteso.
2. Prevenzione dell'ipossiemia, legata all'effetto shunt e alla incompleta escursione toracica, per problematiche algogene.
  - a. Somministrare idonea supplementazione di O<sub>2</sub>,

- b. corretta analgesia,
  - c. porre il bambino semiseduto per ridurre la quota di shunt delle zone declivi
3. Sorveglianza radiografica.

L'Rx va eseguito di routine nel postoperatorio, per valutare la corretta riespansione polmonare e va ripetuto ogni volta che vi è un deterioramento delle condizioni respiratorie spirometriche e/o emogasanalitiche per escludere atelettasie, emotorace o pneumotorace

4. Accelerare i tempi per l'esecuzione di una adeguata fisiochinesiterapia, che faciliti la detersione delle secrezioni e risolva le problematiche disventilatorie.

### Problematiche e complicanze postoperatorie

1. Emorragia. E' correlata alla imperfetta emostasi vascolare intra operatoria, i parametri di apprensione e di indicazione al reintervento sono rappresentati da:
  - a. entità delle perdite emorragiche dai drenaggi,toracici,
  - b. elevato ematocrito del liquido di drenaggio ed anemizzazione,
  - c. mancata pervietà dei drenaggi, con segni radiografici di incremento di un versamento toracico, con eventuale spoatamento mediastinico
  - d. alterazioni emodinamiche
2. Deiscenza bronchiale. La gravità di questa complicanza è in funzione dell'entità della breccia bronchiale e della presenza del drenaggio toracico. In assenza di drenaggio e formazione di pneumotorace iperteso, è imperativo il posizionamento di un nuovo drenaggio. Possibile la costituzione di una fistola broncopleurica, se subentra una sepsi o se il moncone di sutura bronchiale è scarsamente vascolarizzato.
3. Erniazione cardiaca. Caratterizzata da erniazione del cuore, attraverso una breccia del pericardio, nell'emitorace vuoto, è un evento raro ma molto temibile. E' generalmente correlata ad esigenze chirurgiche d'apertura del pericardio. E' causa di grave compromissione della funzione cardiaca e dell'emodinamica. Può determinarsi in seguito ad aumento di pressione nell'emitorace non operato o di

diminuzione della pressione nell'emitorace sede di resezione polmonare . E' facilitato dal posizionamento declive del lato operato. Può essere drammaticamente risolta dalla insufflazione di aria nell'emitorace sede di intervento ed erniazione.

4. Insufficienza respiratoria. Può determinarsi in seguito a:

- a. inalazione del polmone declive,
- b. edema in seguito a trauma , compressione e manipolazioni sul polmone sede di intervento.
- c. Edema da riespansione , correlato ad aumentata permeabilità vascolare polmonare. Probabilmente dipendente dall'accumulo di metaboliti o danno endoteliale da acidosi/ ipossia distrettuale nella sede di intervento e quindi funzione anche della durata del collasso polmonare.

5. Scompenso cardiaco destro. Si verifica in seguito ad estesa resezione del letto vascolare polmonare, associata eventualmente a vasocostrizione da acidosi, ipercapnia o ipossia.

In tale situazione si osservano:

- a. pressione atriale destra più elevata della sinistra ,
- b. possibile apertura del forame ovale con shunt destro sinistro e grave desaturazione arteriosa
- c. ipertensione polmonare,
- d. diminuzione della gittata cardiaca

L'approccio terapeutico prevede

- a. riduzione del precarico e postcarico atriale destro,
- b. miglioramento dell'inotropismo ventricolare destro.

6. Lesioni nervose:

- a. lesione del nervo frenico , con difficoltà respiratoria da elevazione della cupola diaframmatica omolaterale, confermata alla radioscopia

- b. lesione del nervo laringeo ricorrente, con paralisi cordale in adduzione ed ostruzione respiratoria .
- c. lesioni midollari da danno dei rami spinali delle arterie intercostali.

## Divezzamento respiratorio

Si basa su presupposti semplici e criteri standardizzati:

1. Ridurre gradualmente la FiO<sub>2</sub> al di sotto del 50%,
2. Per incrementare la SpO<sub>2</sub> aumentare la PEEP

Se la PEEP è superiore a 10 cmH<sub>2</sub>O , con una FiO<sub>2</sub> superiore al 50% per garantire una PaO<sub>2</sub> maggiore di 60 mmHg, la situazione è incompatibile con l'estubazione.

3. Eliminare le atelettasie con : postura, fisiokinesiterapia, detersione selettiva endoscopica.
4. Quando la PEEP è inferiore a 10 cm H<sub>2</sub>O con FiO<sub>2</sub> inferiore al 50%, con una meccanica respiratoria soddisfacente, una radiografia del torace normale ed un emogasanalisi bilanciata è possibile sfruttare il lavoro respiratorio del paziente, riducendo progressivamente la frequenza mandatoria e verificando la situazione EGA ed i pattern respiratori spontanei , fino alla estubazione.

## **Patologie bronco polmonari e mediastiniche particolari**

### **ENFISEMA LOBARE CONGENITO**

Interessa nella maggior parte dei casi, un unico lobo polmonare. In rari casi, però, può avere un interessamento plurilobare. E' determinato da una incompleta ostruzione bronchiale, che determina "air trapping". Le cause di ostruzione sono:

1. intraluminali, correlate a membrane intrinseche → **FOTO**
2. murali, da deficit della sostanza fondamentale cartilaginea e quindi da minor sostegno strutturale ( vedi caso clinico successivo );
3. estrinseche, causate da compressioni extraluminali, da parte di strutture vascolari o tumorali.

La causa più frequente è una deficienza distrettuale delle cartilagini bronchiali.



Nel caso, peraltro raro, di persistenza della sintomatologia, dopo lobectomia, è possibile il determinarsi di situazioni analoghe in altri distretti bronchiali. Nel 42% dei casi, è interessato il lobo superiore sinistro, nel 35% il lobo medio di destra, nel 21% il superiore di destra, più rare le altre localizzazioni, rarissime le localizzazioni multiple.

La sintomatologia è caratterizzata da dispnea ingravescente e diminuzione dell'escursione ventilatoria dal lato interessato.

La radiografia del torace evidenzia una iperdiafania del lobo colpito, con dislocamento ed atelettasia dei lobi vicini e spostamento mediastinico controlaterale. La presenza della trama parenchimale, favorisce la diagnosi differenziale con il pneumotorace e le cisti polmonari.

Il trattamento, generalmente messo in atto, è la pneumectomia. E' lecito, in prima istanza, il tentativo di trattamento endoscopico che, per essere efficace, deve essere tempestivo, cioè attuato prima che si instaurino i danni irreversibili correlati alla iperdistensione polmonare, cioè la distruzione dei setti alveolari e le emorragie endoalveolari. Tale trattamento non preclude, in caso di insuccesso, il successivo approccio chirurgico.

#### Problematiche e gestione anestesiologicala.

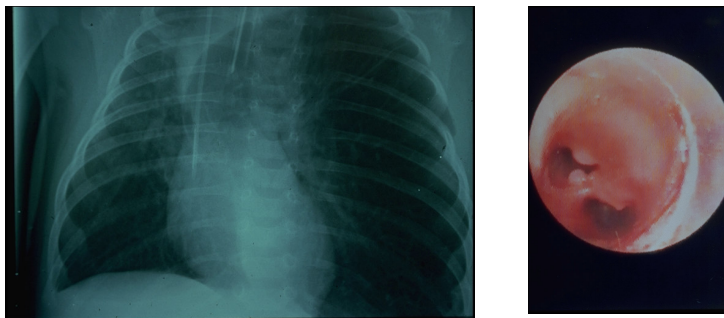
- Il problema peculiare è il rischio di iperdistensione del lobo patologico , durante la ventilazione all'induzione e nelle fasi di mantenimento , fino all'apertura toracica.
- Deve essere preservata la ventilazione spontanea, almeno nelle fasi di induzione anestesiologicala.
- La ventilazione assistita e controllata, deve avvenire con livelli pressori bassi , per evitare l'aumento di volume del polmone patologico che tende alla iperdistensione ed alla compressione delle zone polmonari adiacenti.
- Va evitato l'uso di Protossido d'Azoto.

- Successivamente alla toracotomia il lobo ernia dalla parete toracica e si riduce la compressione sulle zone polmonari vicine e sul mediastino .

Dimostrativo e di particolare rilevanza clinica il caso di un bambino di un mese di vita giunto all'osservazione degli autori con un gigantesco enfisema lobare superiore sinistro congenito.

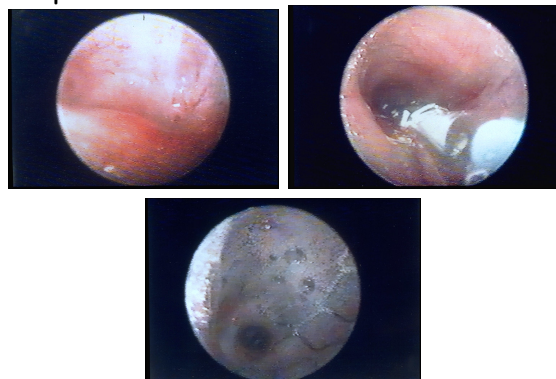
Il controllo broncoscopico mostra:

1. a livello carenale ed in sede bronchiale sinistra delle neoformazioni granulomatose occludenti parzialmente il lume.



**Enfisema lobare superiore sinistro. Malacia con reperti nodulari flogistici da " collisione delle pareti" a livello del lobare sup ed inf sinistro**

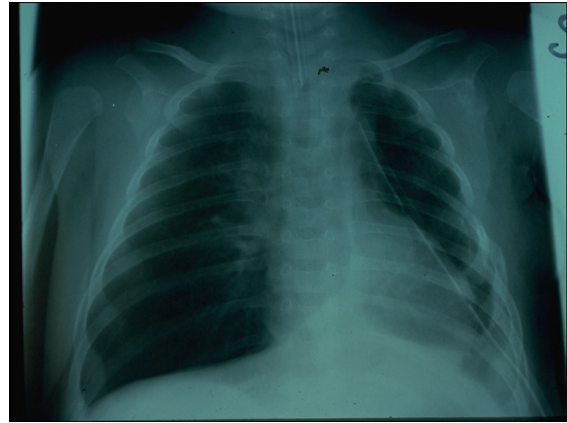
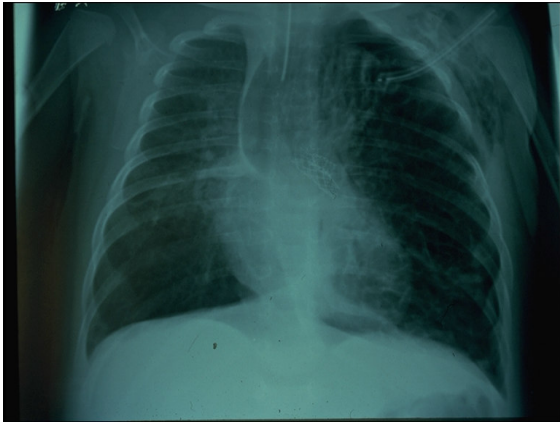
2. Una significativa malacia dei bronchi lobari superiore ed inferiore di sinistra, con completa chiusura espiratoria delle strutture.



**PROCEDURA DEL POSIZIONAMENTO DEGLI STENT, MEDIANTE PALLONE DA ANGIOPLASTICA**

Vengono posizionati degli stents metallici nel bronco lobare superiore ed inferiore di sinistra, per il gigantesco enfisema lobare superiore sinistro, con erniazione transmediastinica e coinvolgimento malacico da compressione del bronco lobare sinistro.

Visto l'insuccesso clinico radiologico della tecnica, il bimbo viene sottoposto a lobectomia superiore sinistra, plastica di allargamento bronchiale e rimozione degli stents.

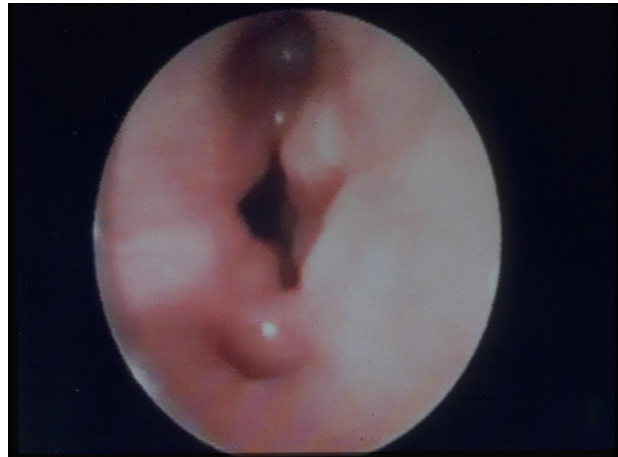


**Persistenza dell'enfisema lobare sinistro dopo posizionamento di stent nel lobo superiore ed inferiore sin. Nella successiva radiografia dopo lobectomia si nota l'enfisema del medio di destra**

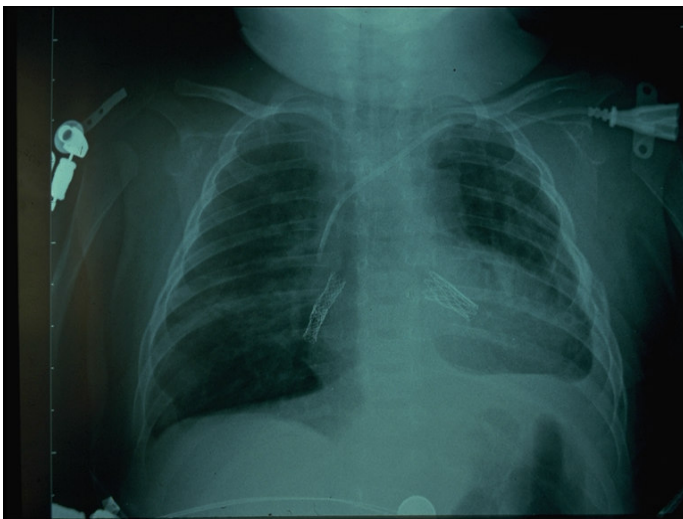
La diagnosi istologica conferma l'assunto clinico-radiologico di enfisema lobare congenito con distruzione dei setti alveolari e presenza di multipli reperti bollosi subpleurici ed emorragie endoalveolari. Il decorso successivo è caratterizzato da progressiva distensione enfisematosa anche del segmento lobare medio di destra, già evidenziabile ad una più attenta osservazione dei radiogrammi iniziali. Un successivo esame broncoscopico evidenzia:

1. stenosi del bronco lobare inferiore destro, da componente flogistico malacica, determinata dalla apposizione sulle pareti malaciche bronchiali di noduli granulomatosi multipli. Evidente la distorsione malacica anche dei segmenti lobari medio e superiore. Si posizionano durante l'esame endoscopico, nel segmento lobare inferiore, due stents coronarici over lapping del tipo Royal , di lunghezza 9 mm, over loading a 4,5 mm. e tetra, di lunghezza 13 mm, anch'esso sovradisteso a 4,5 mm. Il risultato mostra una buona canalizzazione bronchiale, risulta impossibile posizionare uno stent nel medio per la esiguità della sua lunghezza (inferiore ai 5 mm.).

2. a livello dell'albero bronchiale sinistro, si evidenzia l'introflessione della plastica di allargamento bronchiale eseguita durante la lobectomia, con autograf bronchiale , prelevato dal segmento e scisso. Tale situazione ingenera una severa stenosi, che richiede il posizionamento anche in tale sede, di uno stent tipo palmaz p 154 disteso a 6 mm. con perfetto recupero della canalizzazione.



**Radiografia: iperdistensione lobare media destra. Immagine endoscopica distenosi del lobare inferiore e malacia del medio. Si posizionano due stent nell'inferiore e si esegue lobectomia media**

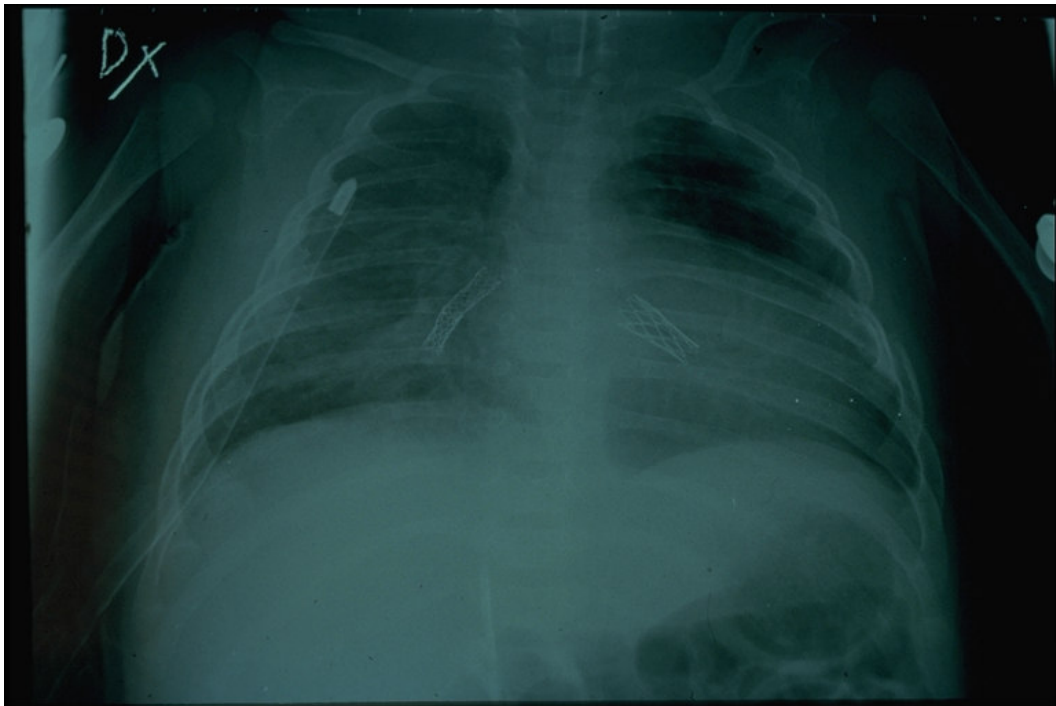


**Reperti radiografici relativi al posizionamento degli stents nel lobare inferiore di destra e del lobare inferiore di sinistra. Persiste enfisema del medio.**

Il piccolo viene successivamente ventilato con supporto di pressione proporzionale, con compensazione automatica del tubo del 100% e con una compensazione dell'80% dei valori calcolati della compliance e resistenza.

Si osserva tuttavia, il progressivo ingigantimento del polmone destro, per enfisema lobare medio, con erniazione transmediastinica sinistra.

Tale situazione clinico-radiologica impone di ricorrere ad escissione chirurgica del lobo medio di destra. I reperti macroscopici ed istologici confermano la diagnosi clinica presuntiva. Si pone nuovamente il piccolo in pressione di supporto proporzionale con compensazione automatica del tubo, con rapido miglioramento del quadro respiratorio e clinico generale che consente l'estubazione. Successivamente si ottiene un consolidamento progressivo delle condizioni generali e nutrizionali, con eupnea e a tosse spontanea efficace e produttiva.



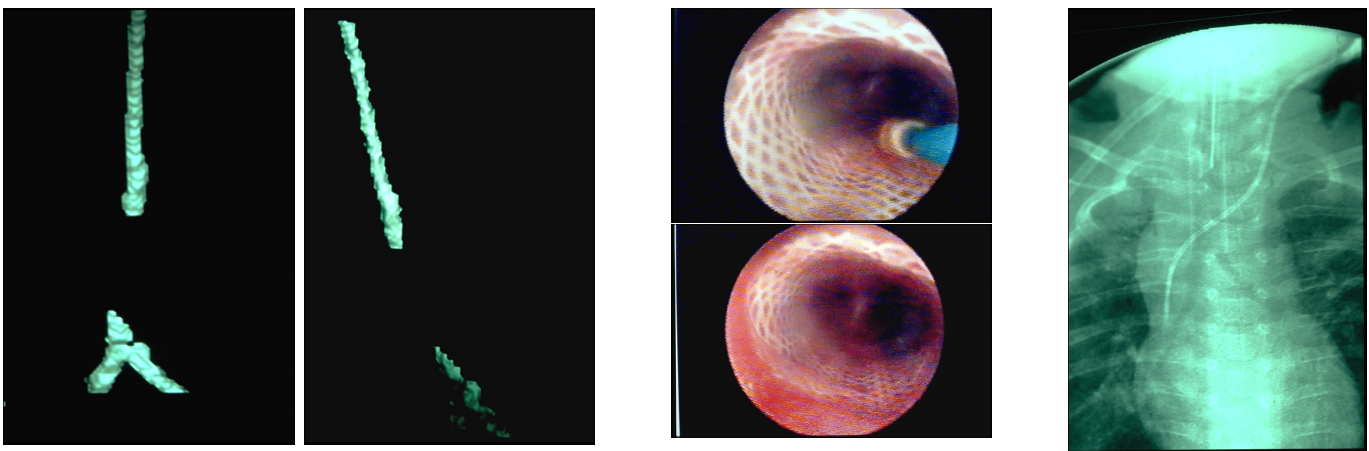
**Risultato radiologico finale: stents ben posizionati mediastino in asse.**

In questo caso, emblematico per la sua complessità, l'esecuzione tardiva della metodica endoscopica, non ha favorito certamente la prognosi. L'exeresi lobare si è resa comunque indispensabile. Tuttavia il posizionamento degli stents, ha reso

possibile evitare danni aggiuntivi parenchimali a valle del segmento stenotico lobare destro ed ha consentito la dilatazione del segmento lobare inferiore sinistro, a livello del quale la plastica con innesto di struttura bronchiale autologa aveva avuto un esito negativo.

### **Anestesia nelle ostruzioni respiratorie**

L' anestesia nei bambini affetti da stenosi delle vie aeree si prefigge di consentire all' operatore di lavorare in condizioni di tranquillità e di migliorare le condizioni respiratorie e generali fino al ristabilimento di una adeguata pervietà delle strutture. Gli obbiettivi da raggiungere sono: garantire una sedazione ed una analgesia adeguate; ridurre i riflessi vagali e le secrezioni; evitare il riflesso della tosse; mantenere un corretto bilancio emogasanalitico; garantire e mantenere una buona emodinamica. Tutto questo dovrebbe essere ottenuto in condizioni che spesso non permettono una gestione ottimale della ventilazione del paziente in quanto spesso è possibile utilizzare solo una parte dell' albero respiratorio, spesso quella affetta da problemi disventilatori e pertanto poco efficace per garantire una buona ematosi e la corretta diffusione degli anestetici volatili.



**Grave ostruzione tracheale da malacia in atresia dell'esofago del 1° tipo di Vogt, Risoluzione endoscopica della problematica, con stent in silicone .**

## Condotta anestesiológica nel trattamento endoscopico delle ostruzioni respiratorie:

1. ipnoinduzione con propofol o benzodiazepine
2. pachimurari dell'ultima generazione (scarsa liberazione istaminica).
3. Morfino derivati solo dopo miorisoluzione, per il noto effetto sulla compliance della gabbia toracica.
4. Mantenimento con Sevoflurano ed alogenati, indicati per il loro effetto broncodilatatore, soggetti però all'handicap della diffusione solo attraverso parte del polmone funzionante. Per tal motivo, sono richieste concentrazioni più elevate che di norma, con maggiori rischi di effetti collaterali.

Nella grande maggioranza dei casi, la nostra opera verrà prestata in situazioni in cui il tubo endotracheale termina prossimalmente alla stenosi che l'operatore deve indagare; avremo perciò elevate resistenze all'insufflazione dei gas ispirati e saremo obbligati ad esercitare alte pressioni di insufflazione per permettere ad un basso volume di gas di arrivare nei distretti alveolari posti distalmente alla stenosi; infatti i volumi insufflati dal respiratore come ci appaiono sul display, sono molto superiori rispetto al volume alveolare di gas realmente scambiato a valle della stenosi. Inoltre, per la presenza della stenosi, il tempo di espirazione, durante il quale la pressione alveolare è superiore a quella atmosferica, aumenta considerevolmente; in presenza di elevate frequenze respiratorie impostate, una nuova insufflazione sopraggiunge quando l'espirazione del ciclo respiratorio precedente non è ancora terminata e ciò ingenera un progressivo aumento della pressione alveolare media con aumento crescente del rischio di barotrauma.

Pertanto in queste condizioni:

1. La frequenza respiratoria non deve essere troppo elevata.
2. Il rapporto I:E deve essere mantenuto basso, cioè a favore del tempo di espirazione.
3. Il picco massimo di pressione inspiratoria deve essere tarato a valori molto alti, anche superiori a 40-50 cm di H<sub>2</sub>O, per mantenere un volume adeguato di gas insufflato a valle della stenosi.

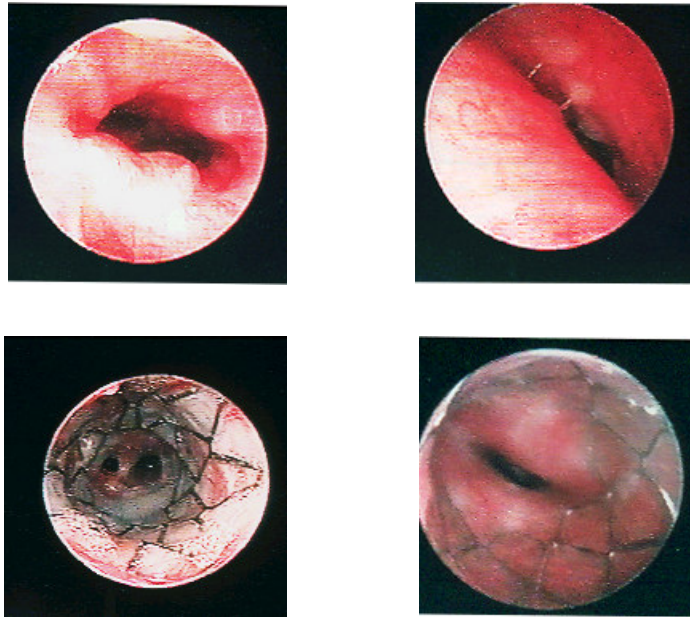
Nel caso in cui il tubo termini distalmente alla stenosi, la regolazione della ventilazione presenta minori problematiche e dipende dalla compliance e dalla elastanza polmonare. Durante l'intervento chirurgico sulle vie aeree la ventilazione può essere garantita dal posizionamento di un tubo endotracheale trans-stenotico oppure da una tracheotomia posizionata inferiormente alla stenosi. In alcune circostanze, come nelle ostruzioni bronchiali, la ventilazione non può essere effettuata a valle del tratto stenotico.

Nel primo caso, se il tubo endotracheale non crea impedimenti all'operatore, come nelle laringotracheoplastiche di ampliamento anteriori, esso può essere lasciato in sede ed eventualmente sostituito con uno di calibro maggiore prima della fine dell'intervento.

Nel secondo caso, la tracheotomia può garantire l'assistenza ventilatoria durante l'intervento senza causare problemi né all'anestesista né all'operatore.

Nell'ultimo caso si può optare per una ventilazione monopolmonare, se le condizioni generali del paziente lo consentono; in caso di condizioni generali molto compromesse si può prendere in considerazione l'utilizzo di una circolazione extra corporea.





Grave ostruzione da malacia bronchiale in sindrome di Di George con cardiopatia complessa: Atresia della Polmonare con difetto interventricolare, rami polmonari anomali a partenza dall'aorta toracica, difetto interatriale. Dopo la correzione chirurgica della cardiopatia la bimba era inestubabile, per le problematiche ostruttive bronchiali Sono stati pertanto posizionati degli stent vascolari , a risoluzione della problematica ostruttiva , con successiva autonomia respiratoria

## Bronco lavaggio

Viene effettuato a fini diagnostici e/o terapeutici:

- A fini diagnostici: proteinosi alveolare, pneumopatie acute, tumori;
- A fini terapeutici: mucoviscidosi, ostruzioni bronchiali da concrezioni catarrali o coaguli.

La tecnica elettiva in età pediatrica è quella che prevede l'uso del broncoscopio, inserito coassialmente all'interno del tubo endotracheale, in maniera da poter garantire la ventilazione.

Con questa metodica è possibile instillare in maniera selettiva, nei distretti bronchiali sede di patologia quantitativi di soluzione salina mista a temperatura tra 27 e 32°C,

fino ad un totale di 15-20ml/kg, tenendo conto che circa il 15% del liquido iniettato è assorbito in circolo.

E' opportuna una monitorizzazione adeguata: misurazione della SpO2 periferica, capnometria, PaCO2 transcutanea, più utile durante il broncolavaggio, quando il capnografo non è attendibile, pressione arteriosa.

#### Metodica anestesiológica:

induzione endovenosa con benzodiazepinico o propofol,

Analgesia con remifentanil 0,04-0,15 gamma /kg/min

Anestesia topica delle vie aeree con lidocaina 3/5 mg/kg

Evitare l'uso degli alogenati, che sommano le problematiche aritmogene loro intrinseche, con quelle di farmaci broncodilatatori, quali beta 2 stimolanti o teofillinici, spesso in terapia in questi pazienti.

#### **Emottisi.**

Rara in età pediatrica, è correlata a fenomeni flogistici delle vie aeree, a bronchiectasia, a malformazioni vascolari, a tumori.

L'indicazione chirurgica è riservata a quei pazienti in cui la perdita ematica determina una grave compromissione polmonare ed emodinamica e viene eseguita previo tentativo di embolizzazione arteriosa, in sala di radiologia.

La broncoscopia è in grado di individuarne la sede e la causa . Deve essere eseguita con broncoscopio rigido. Questo è munito di un più ampio canale operativo e consente la ventilazione durante l'indagine. Con questo presidio è possibile eseguire una buona broncoaspirazione ed instillare farmaci vasocostrittori o eseguire una coagulazione con laser della zona sanguinante.. Per ridurre la diffusione del sanguinamento è possibile applicare nella zona sede dell'emorragia un catetere Fogarty.

#### Condotta anestesiológica

- 1) Somministrare O2 anche al 100% se necessario.
- 2) Porre il polmone sanguinante in posizione non declive.

- 3) Posizionare un DTL se possibile o un bloccatore bronchiale, per evitare il passaggio di sangue nel polmone sano, funzionante.
- 4) Evitare la tosse, causa di aumento del sanguinamento.
- 5) Valutare la situazione emocoagulativa.
- 6) Incannulare vene di calibro adeguato e fornirsi di sangue e plasma fresco congelato.
- 7) Al momento dell'intubazione praticare la manovra di Sellick (compressione sulla cartilagine cricoidea), per evitare l'inalazione del sangue eventualmente deglutito precedentemente.
- 8) A fine intervento è opportuno mantenere il paziente intubato e ventilato per ottimizzare gli scambi respiratori, in un polmone compromesso dalla presenza di residui ematici e sottoposto a trauma chirurgico.

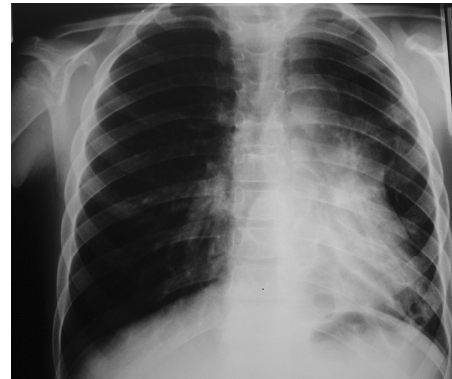
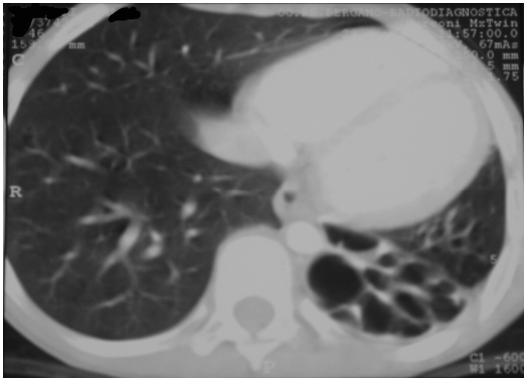
## **Adenomatosi cistica polmonare**

Si manifesta nel neonato di poche ore. Le cisti comunicano con il bronco, come dimostrato dalla presenza di aria nella cavità. Sono soggette ad infezione, nel corso della prima settimana di vita, spesso difficile la diagnosi differenziale con l'ascesso.

Possono essere uni o multilobari ed interessano più frequentemente i lobi inferiori, ma l'intero polmone può essere occupato da cisti, rare le forme bilaterali. Possibile la degenerazione carcinomatosa all'interno della cisti. Danno precocemente segno di sé in correlazione al loro aumento di volume, che determina insufficienza respiratoria o per le conseguenze della loro sovrainfezione. Sono di solito tappezzate da epitelio respiratorio e nel contesto della cisti possono essere presenti rudimenti di cartilagine bronchiale. Può coesistere un'anomala proliferazione di ghiandole mucosecarnenti, che ingenera il quadro dell'adenomatosi cistica. I quadri della malattia cistica possono essere caratterizzati pertanto da.

1. alterazione cistica, senza adenomatosi,
2. cisti con scarsa adenomatosi
3. adenomatosi con cisti sporadiche

Il trattamento è obbligatoriamente chirurgico, anche in assenza di sintomi, che comunque compaiono in un periodo successivo, tenendo che la patologia è gravata da sicure sovrainfezioni.



## TC toracica e radiografia di adenomatosi cistica

### Problematiche anestesilogiche

- Necessario utilizzare pressioni ventilatorie e volumi ridotti.
- Aumento delle dimensioni delle cisti durante ventilazione meccanica, con rischio di pneumotorace.
- Aumento dello spazio morto durante la ventilazione per il flusso aereo preferenziale verso le cavità cistiche.
- Rischi di alterazione emodinamica correlati all'ostacolo al circolo polmonare, indotto meccanicamente dalle cisti.
- Evitare l'uso del protossido d'azoto

## Fistola bronco pleurica o tracheo mediastinica

Possono costituire l'esito di:

- Eventi traumatici
- Manovre endoscopiche con strumento rigido,
- deiscenza delle suture, dopo interventi sulle vie aeree.
- Rottura di bolle di bronchiectasia o di cisti
- Ventilazione meccanica con pressioni elevate.
- Rare in età pediatrica le erosioni bronchiali da parte di formazioni carcinomatose

Diagnosi

- Il bambino si presenta dispnoico,
- L'ematosi può essere compromessa.
- Si osserva la comparsa di livelli aerei o idroaerei in sede pleurica o mediastinica, con possibile dislocamento mediastinico.
- La spirometria, durante la ventilazione meccanica, mostra perdite aeree.
- Compaiono secrezioni purulente.
- La conferma diagnostica si ottiene con la broncoscopia,
- L'iniezione di blu di metilene nel drenaggio toracico da luogo ad aspirazione dello stesso dalle vie aeree.

### Trattamento

- Nelle forme traumatiche, con implicazioni fisiopatologiche minori, è possibile eseguire un trattamento conservativo mediante eventuale posizionamento di drenaggio toracico.
- Nelle lesioni tracheali minori è opportuno eventualmente by passare la zona danneggiata con un tubo endotracheale, posto sotto guida endoscopica e consentire la riparazione per "seconda intenzione" della breccia. E' opportuno instaurare terapia antibiotica adeguata.
- La scelta chirurgica è senz'altro raccomandata in caso di brecce d'ampie dimensioni, quando la terapia conservativa non ha avuto esito o quando si verifica un pneumotorace contro laterale.

### Problematiche anestesiologiche

1. E' opportuno stimare la perdita di volume corrente, mediante la valutazione dell'entità del gorgogliamento dal drenaggio toracico e della sua persistenza durante le fasi respiratorie e mediante la valutazione spirometrica del volume in/espilatorio.
2. Valutare la possibilità di isolare la fistola mediante TDL oppure bloccatore bronchiale.
3. Intraprendere una ventilazione a polmoni separati.

### Lettere consigliate

- L. Mirabile. Ostruzioni respiratorie in età pediatrica. Guida all'endoscopia ed al trattamento. Poletto Editore. 03/2002.